

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 198 09 200 A 1

51 Int. Cl. 6:
B 01 J 8/02
B 01 D 53/02
C 07 B 63/00
C 07 B 61/00

21 Aktenzeichen: 198 09 200.8
22 Anmeldetag: 4. 3. 98
43 Offenlegungstag: 9. 9. 99

DE 198 09 200 A 1

71 Anmelder:
Linde AG, 65189 Wiesbaden, DE

72 Erfinder:
Grimm, Peter, Dipl.-Ing., 82069 Hohenschäftlarn,
DE; Hildebrandt, Ullrich, Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 86807
Buchloe, DE; Lahne, Ulrich, Dipl.-Ing., 82041
Deisenhofen, DE

55 Entgegenhaltungen:

DE-PS 9 21 263
DE 36 25 724 A1
DE 33 18 098 A1

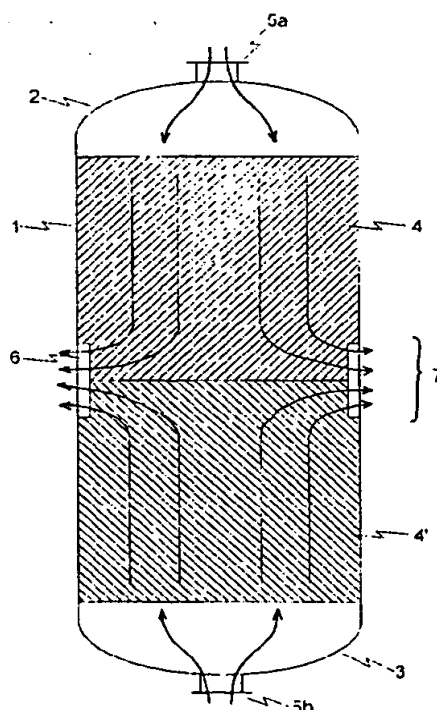
Patents Abstracts of Japan, C-87, January 16,
1982 Vol.6/No.7 betr. die JP 56-133023 A;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Apparat mit durchströmter Schüttung und Verfahren zum Betreiben eines derartigen Apparats

57 Es werden ein Apparat, insbesondere für die Verwendung als chemischer Reaktor und/oder Adsorber und/oder Regenerator, im wesentlichen zylindersymmetrisch um eine Vorzugsachse aufgebaut und wenigstens zwei Schüttungen aus Teilchen, die katalytisch und/oder adsorptiv und/oder wärmespeichernd wirken, sowie Mittel zum Zu- und Abführen von gasförmigen oder flüssigen Medien, die jeweils den voneinander abgewandten und den einander zugewandten Enden der Schüttungen zugeordnet sind, aufweisend, sowie ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Apparates beschrieben. Erfindungsgemäß sind die Schüttungen (4, 4', ...) unmittelbar ineinander übergehend ausgebildet. Ferner können zumindest in Teilbereichen der Schüttungen (4, 4', ...) Mittel zum Kühlen und/oder Erwärmen der Schüttungen (4, 4', ...) angeordnet sein, wobei die Mittel zum Kühlen und/oder Erwärmen der Schüttungen (4, 4', ...) als im wesentlichen parallel zu der Vorzugsachse angeordnete Rohre und/oder Plattenpaare und/oder als um die Vorzugsachse gewickelt angeordnete Rohre ausgebildet sind. In vorteilhafter Weise sind die Rohre und/oder Plattenpaare durch die Schüttungen (4, 4', ...) ohne Unterbrechung durchlaufend ausgebildet.



DE 198 09 200 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Apparat, insbesondere für die Verwendung als chemischer Reaktor und/oder Adsorber und/oder Regenerator, im wesentlichen zylindersymmetrisch um eine Vorzugsachse aufgebaut und wenigstens zwei Schüttungen aus Teilchen, die katalytisch und/oder adsorptiv und/oder wärmespeichernd wirken, sowie Mittel zum Zu- und Abführen von gasförmigen oder flüssigen Medien, die jeweils den voneinander abgewandten und den einander zugewandten Enden der Schüttungen zugeordnet sind, aufweisend.

Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Apparates.

Die im folgenden verwendeten Begriffe "Gaszuführleitung(en)" und "Gasabführleitung(en)" seien dahingehend zu verstehen, daß die so bezeichneten Leitungen sowohl der Zu- und Abführung von Gas(en) als auch der Zu- und Abführung von Flüssigkeit(en) dienen können. Wenn davon gesprochen wird, das ein umzusetzender Gasstrom dem Reaktor zugeführt oder ein umgesetzter Gasstrom aus dem Reaktor abgeführt bzw. abgezogen wird, so kann im folgenden der Begriff "Gasstrom" auch durch den Begriff "Flüssigkeitsstrom" ersetzt werden.

Aus der DE-AS 29 03 582 ist ein gattungsgemäßer Apparat, der als Reaktor für chemische Reaktionen verwendet wird, bekannt. Dieser weist in seinem oberen, seinem unteren sowie seinem mittleren Bereich Gaszuführleitungen bzw. Gasabführleitungen auf. Er weist ferner zwei übereinander angeordnete, jedoch räumlich vollständig voneinander getrennte Schüttungen auf, die von dem zugeführten Gas(gemisch) durchströmt werden. Nachteilig bei dieser Reaktorkonstruktion ist jedoch, daß jede der Schüttungen zwei eigene Rohrböden benötigt.

Derartige Apparate werden für die Durchführung einer Vielzahl von chemischen und adsorptiven Prozessen eingesetzt. Die aktiven Teilchen der Schüttung bestehen dabei aus speziellen Katalysator- oder Adsorptionsmaterialien, die für den jeweiligen Anwendungsfall ausgewählt werden. Wird ein derartiger Apparat als Festbettreaktor oder Adsorber betrieben, so wird der zu behandelnde Stoff, der flüssig und/oder gasförmig sein kann, z. B. durch eine Schüttung aus rieselfähigem Katalysator- bzw. Adsorptionsmaterial geleitet.

Die realisierten Baugrößen derartiger Apparate erreichen bereits die Grenze der Transportierbarkeit. Die Kapazität eines derartigen Apparates bei der Verwendung als Reaktor oder Adsorber ist im wesentlichen durch dessen Durchmesser begrenzt. Dieser kann jedoch aufgrund der Tatsache, daß diese Apparate in der Regel zu ihrem endgültigen Standplatz über öffentliche Straßen transportiert werden müssen, nicht beliebig vergrößert werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Apparat der gattungsgemäßen Art anzugeben, der bei gegebenem Durchmesser eine wesentlich größere Kapazität aufweist. Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Apparats anzugeben, das trotz der erhöhten Kapazität zu etwa gleichem Druckverlust in der Schüttung führt.

Zur Lösung der genannten Aufgabe wird ein Apparat vorgeschlagen, der dadurch gekennzeichnet ist, daß die Schüttungen unmittelbar ineinander übergehend ausgebildet sind.

Im Gegensatz zu dem in der genannten DE-AS 29 03 582 beschriebenen Apparat, sind im Falle des erfindungsgemäßen Apparates die beiden Schüttungen nicht mehr räumlich getrennt, sondern gehen ineinander über. Während die Apparatekonstruktion gemäß der DE-AS 29 03 582 wenigstens vier Rohrböden benötigte, kommt der erfindungsgemäße

Apparat mit lediglich zwei Rohrböden aus, was in einer Verringerung der Herstellkosten für den erfindungsgemäßen Apparat resultiert.

Den erfindungsgemäßen Apparat weiterbildend wird vorgeschlagen, daß zumindest in Teilbereichen der Schüttungen Mittel zum Kühlen oder Erwärmen der Schüttungen angeordnet sind.

Hierbei sind die Mittel zum Kühlen oder Erwärmen der Schüttungen vorzugsweise als im wesentlichen parallel zu der Vorzugsachse angeordnete Rohre und/oder Plattenpaare und/oder als um die Vorzugsachse gewickelt angeordnete Rohre ausgebildet.

Durch die in der Schüttung aus Katalysator- oder Adsorptionsteilchen eingelagerten Rohre wird ein Wärmeträgermedium geleitet, das durch indirekten Wärmetausch mit dem in der Schüttung strömenden Medium und dem Katalysator- oder Adsorptionsmaterial Wärme – je nach Bedarf – zuführt oder von ihm abführt. Beispielsweise kann durch Zufuhr eines Kühlfluids, z. B. von Kühlwasser, die Temperatur im Reaktor bei exothermen Reaktionen nach oben begrenzt werden. Bei endothermen Prozessen kann über die Rohre ein Heizmedium, z. B. Heißdampf, zugeführt werden, um die für die Reaktion benötigte Wärme zu liefern.

Oftmals sind die Rohre in einer Rohrlage oder in mehreren Rohrlagen um ein Kernrohr gewickelt, weshalb diese Reaktoren auch Reaktoren mit gewickelten Rohren genannt werden. Dabei sind die Rohre in den jeweiligen Rohrlagen so angeordnet, daß ihre Achsen auf Zylinderflächen liegen, deren gemeinsame Achse die Achse des Kernrohres ist. Die Rohre sind, ausgehend von einem Kernrohr und durch Stege getrennt, zu einem Rohrbündel gewickelt. Sie werden am unteren und oberen Ende des Reaktors aus dem Bündel herausgeführt und in einem oder mehreren Rohrsammlern zusammengefaßt. Eine detaillierte Beschreibung der grundlegenden Konstruktion gewickelter Reaktoren kann z. B. dem Fachbuch "Apparate"; Handbuch 1. Ausgabe, Seite 148 bis 151, Vulkan-Verlag, Essen (1990), entnommen werden.

Derartige Reaktoren, wie sie z. B. in der DE-PS 32 17 066, der DE-OS 38 25 724 und der EP-PS 0 035 709 beschrieben werden, weisen, insbesondere dann, wenn sie isotherm betrieben werden, eine Vielzahl von Vorteilen gegenüber den sog. Geradrohr-Reaktoren auf. So führt insbesondere der isotherme Betrieb derartiger Reaktoren zu der geringstmöglichen thermischen Beanspruchung der aktiven Teilchen, wodurch deren Lebensdauer erhöht wird. Des weiteren ist die Betriebstemperatur des Reaktors durch eine einfache Regelung der Temperatur des Wärmeträgermediums möglich. Oftmals wird als Wärmeträgermedium siedendes Wasser verwendet, so daß die Betriebstemperatur des Reaktors über den Dampfdruck geregelt wird.

Derartige Reaktoren werden z. B. für die folgenden chemischen Prozesse verwendet: Methanolsynthese, Hydrierung, Methanisierung, Claus-Prozeß, CO-Konvertierung, Fischer-Tropsch-Synthese, Ethylenoxidsynthese, etc.

Unter allen Betriebsbedingungen – speziell bei der Inbetriebnahme, bei Teillast oder Störfällen – ermöglicht das Wärmeträgermedium die Einstellung einer gewünschten Temperatur innerhalb des Reaktors. Bei der Verwendung von Wasser als Wärmeträgermedium kann zudem auf einen Anfahr-Erhitzer verzichtet werden, da die aktiven Teilchen durch Dampfeinspeisung in das Wasser auf Temperatur gebracht werden.

Den erfindungsgemäßen Apparat weiterbildend wird vorgeschlagen, daß die Rohre und/oder Plattenpaare durch die Schüttungen ohne Unterbrechung durchlaufend ausgebildet sind.

Diese vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen

Apparates führt zu einer weiteren Reduzierung der Herstellkosten, da mittels dieser Ausgestaltung wenigstens zwei Rohrsammler eingespart werden können.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Apparates ist dadurch gekennzeichnet, daß im Falle der Ausbildung der Mittel zum Kühlen und/oder Erwärmen der Schüttungen als um die Vorzugsachse gewickelt angeordnete Rohre die Steigung der Rohre längs der Schüttungen bereichsweise oder stetig variiert.

Mittels dieser Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Apparates läßt sich die Heizflächendichte innerhalb der Schüttungen bereichsweise oder stetig variieren. Dadurch läßt sich eine sehr gute Annäherung an das gewünschte Temperaturprofil im axialen Strömungsbereich erreichen. Zudem kann im radialen Strömungsbereich der Druckverlust minimiert und so eine homogenere Strömungsverteilung im Bereich der Axialströmung erzielt werden.

Den erfindungsgemäßen Apparat weiterbildend wird ferner vorgeschlagen, daß die Schüttungen Bereiche mit Teilchen unterschiedlicher Körnung aufweisen.

Vorzugsweise sind bei dem erfindungsgemäßen Apparat in dem Bereich der einander zugewandten Enden der Schüttungen Teilchen größerer Körnung angeordnet.

In dem Bereich der einander zugewandten Enden der Schüttungen weist der durch den erfindungsgemäßen Apparat geführte Gas- oder Flüssigkeitsstrom eine im wesentlichen radiale Strömungsrichtung auf, während er in den Schüttungen ansonsten eine axiale Strömungsrichtung aufweist. Die Anordnung von Teilchen größerer Körnung in dem Bereich der einander zugewandten Enden der Schüttungen führt zu einer Verringerung des Druckverlustes für den Radialstrom und damit zu einer homogenen Strömungsverteilung im Bereich der Axialströmung.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Schüttungen, vorzugsweise in dem Bereich der einander zugewandten Enden der Schüttungen, inerte Teilchen aufweisen.

Wird der erfindungsgemäße Apparat als Adsorber verwendet und erfolgt eine sog. Gegenstrom-Regenerierung, so entsteht im Übergangsbereich von der axialen zu der radialen Strömung kein spiegelbildliches Strömungsmuster. Dadurch wird die Regenerierung erschwert bzw. die Dauer der Regenerierung verlängert. Bei Inerteilchen treten diese Probleme nicht auf, da diese nicht regeneriert werden müssen.

Sofern die Schüttungen in einem Hemd angeordnet sind, ist es zweckmäßig, daß das Hemd in dem Bereich der einander zugewandten Enden der Schüttungen wenigstens eine Öffnung aufweist, die den Mitteln zum Zu- oder Abführen von gasförmigen oder flüssigen Medien zugeordnet ist.

Vorzugsweise ist die wenigstens eine Öffnung als ein Sieb gegen das Herausfallen von Teilchen der Schüttungen ausgeführt.

Prinzipiell sind Hemdkonstruktionen realisierbar, bei denen auf das Vorsehen eines Siebes verzichtet werden kann. Ein Sieb ist jedoch ein bewährtes Bauteil zur sicheren Rückhaltung der Teilchen bei großen Strömungsquerschnitten.

Zur Kompensation von Wärmedehnungen ist das Hemd vorzugsweise in wenigstens zwei Hemdbereiche aufzuteilen. Das Sieb ist in dann vorzugsweise mit einem benachbarten Teil des Hemdes kraftschlüssig und mit dem anderen benachbarten Teil des Hemdes gleitend verbunden. Alternativ dazu kann das Sieb kraftschlüssig mit den Mittel zum Kühlen und/oder Erwärmen der Schüttungen verbunden und in Relation zu den benachbarten Teilen des Hemd es gleitend angeordnet sein.

Prinzipiell ist darauf zu achten, daß eine Relativbewegung zwischen dem Sieb und den Teilchen der Schüttungen vermieden wird, da diese dadurch einen unerwünschten Abrieb erfahren würden.

Zur Vermeidung von die Schüttung umgehenden Strömungen sind die einzelnen vorzugsweise durch Siebe voneinander getrennten Hemdbereiche gas- und flüssigkeitsdicht mit der Apparatewand verbunden.

5 Sofern der erfindungsgemäße Apparat ein vorzugsweise koaxial zu der Vorzugsachse angeordnetes Kernrohr aufweist, kann dieses zusätzlich oder allein als Zu- und/oder Abführlleitung ausgebildet sein.

Wie bereits erwähnt, betrifft die Erfindung ferner ein Verfahren zum Betreiben des erfindungsgemäßen Apparates.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben eines Reaktors ist dadurch gekennzeichnet, daß die dem Apparat zugeführten Medien die ineinander übergehenden Schüttungen im wesentlichen gegenläufig durchströmen.

15 Hierbei strömen die dem Apparat zugeführten Medien in dem Bereich der einander zugewandten Enden der Schüttungen im wesentlichen radial zu der Vorzugsachse und in dem restlichen Bereich der Schüttungen im wesentlichen parallel zu der Vorzugsachse.

20 Sofern der erfindungsgemäße Apparat Mittel zum Kühlen und/oder Erwärmen der Schüttungen aufweist, werden ein oder wenigstens zwei unterschiedliche Heiz- oder Kühlmedien durch diese Mittel zum Kühlen oder Erwärmen der Schüttungen geführt.

25 Das erfindungsgemäße Verfahren weiterbildend wird vorgeschlagen, daß das oder die Heiz- und/oder Kühlmedien wenigstens in Teilen der Mittel zum Kühlen oder Erwärmen der Schüttungen unterschiedliche Strömungsrichtungen aufweisen.

30 Dies kann zur Beeinflussung des Temperaturprofils in einem Reaktor hilfreich sein, insbesondere wenn bei den Heiz- oder Kühlmedien von der fühlbaren Wärme Gebrauch gemacht wird.

In vorteilhafter Weise werden im Teillastbetrieb die Mittel zum Zu- oder Abführen von gasförmigen oder flüssigen Medien, die den einander zugewandten Enden der Schüttungen zugeordnet sind, verschlossen und die dem Apparat zugeführten Medien durch benachbarte, ineinander übergehende Schüttungen in gleicher Strömungsrichtung geleitet.

40 Mittels dieser Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens läßt sich die Last in weiten Bereichen variieren.

Der erfindungsgemäße Apparat läßt sich zum einen als Reaktor für exotherme katalytische Reaktionen, wie beispielsweise für die Synthesen von Methanol, höheren Alkoholen, Ethylbenzol, Ethern, Styrol aus Vinylcyclohexan, Olefinoxiden, Ammoniak, Phthalsäureanhydrid und Maleinsäureanhydrid, die Claus-Reaktion, die Kohlenmonoxid-Konvertierung, die Methanisierung, Hydrierungen und partielle Oxidationen und zum anderen als Reaktor für endotherme katalytische Reaktionen, beispielsweise für die Methanolsplaltung und Dehydrierungen wie Styrol aus Ethylbenzol, verwenden.

Ferner ist eine Verwendung als Adsorber oder Regenerator möglich.

55 Schlußendlich kann der erfindungsgemäße Apparat jedoch auch Verwendung als Wärmetauscher finden. Hierbei kann der erfindungsgemäße Apparat mit oder ohne Schüttungen ausgebildet sein.

Der erfindungsgemäße Apparat und das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben eines Apparates sowie weitere Ausgestaltungen desselben seien anhand der in den Fig. 1 bis 4 schematisch dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Die Fig. 1 zeigt eine Prinzipdarstellung des erfindungsgemäßen Apparates sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben eines Apparates.

Der erfindungsgemäße Apparat, der im wesentlichen zylindersymmetrisch um eine Vorzugsachse aufgebaut ist, be-

steht aus dem eigentlichen Apparatemantel 1 sowie einem oberen Boden 2 und einem unteren Boden 3. Innerhalb des Apparates sind wenigstens zwei Schüttungen 4 und 4' angeordnet, die erfindungsgemäß unmittelbar ineinander übergehend ausgebildet sind (Bereich 7). Ferner weist der erfindungsgemäße Apparat Mittel zum Zu- und Abführen von gasförmigen oder flüssigen Medien, die jeweils den voneinander abgewandten und den einander zugewandten Enden der Schüttungen 4 und 4' zugeordnet sind, auf. Die Mittel zum Zu- und Abführen von gasförmigen oder flüssigen Medien, die den voneinander abgewandten Enden der Schüttungen 4 und 4' zugeordnet sind, sind als Stützen 5a und 5b dargestellt, während die Mittel zum Zu- und Abführen von gasförmigen oder flüssigen Medien, die den einander zugewandten Enden der Schüttungen 4 und 4' zugeordnet sind, als ein Seitenabzug 6 dargestellt sind.

Die Schüttungen 4 und 4' bestehen - entsprechend der beabsichtigten Verwendung des erfindungsgemäßen Apparates aus katalytisch und/oder adsorptiv und/oder wärmespeichernd wirkenden Teilchen, wobei die Schüttungen 4 und 4' zusätzlich inerte Teilchen enthalten können.

Wie in der Fig. 1 dargestellt, können die dem erfindungsgemäßen Apparat zugeführten gasförmigen oder flüssigen Medien die Schüttungen 4 und 4' von ihren voneinander abgewandten Enden zu den einander zugewandten Enden durchströmen. In diesem Falle ist die Strömungsrichtung der Medien zunächst im wesentlichen axial, geht jedoch in dem Bereich 7 der einander zugewandten Enden der Schüttungen 4 und 4' in eine im wesentlichen radiale Strömungsrichtung über; dargestellt durch die in der Figur gezeichneten Pfeile. Selbstverständlich kann die Strömungsrichtung auch umgekehrt werden, so daß die dem erfindungsgemäßen Apparat zugeführten gasförmigen oder flüssigen Medien über die Öffnung 6 in die Schüttungen 4 und 4' eintreten und den Apparat über die Stützen 5a und 5b verlassen.

Die Fig. 2 und 3 zeigen Prinzipdarstellungen des erfindungsgemäßen Apparats bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens mit 3 (Fig. 2) bzw. 4 (Fig. 3) Schüttungen 4 bis 4" bzw. 4 bis 4"". Die einander zugewandten Enden der Schüttungen 4, 4', ... gehen erfindungsgemäß unmittelbar ineinander über (in den Fig. 2 und 3 dargestellt durch die umklammerten Bereiche 7, 7' und 7'').

Die bei einem Apparat, wie er in der Fig. 2 dargestellt ist, realisierte Verfahrensweise könnte beispielsweise so aussehen, daß den Schüttungen 4 bis 4" über Mittel zum Zuführen 5a und 6' gasförmige oder flüssige Medien zugeführt und über Mittel zum Abführen 5b und 6 die gasförmigen bzw. flüssigen Medien abgezogen werden.

Bei einer Anordnung der Schüttungen 4 bis 4"", wie sie in der Fig. 3 dargestellt ist, können die gasförmigen oder flüssigen Medien z. B. über die Mittel zum Zuführen 6 und 6" den Schüttungen 4 bis 4"" zugeführt und über die Mittel zum Abführen 5a, 5b und 6' aus den Schüttungen 4 bis 4"" abgezogen werden.

Es ist für einen Fachmann selbstverständlich, daß im Prinzip eine beliebige Anzahl von Schüttungen 4, 4', ... vorgesehen werden kann; entsprechend ist die Anzahl der Mittel zum Zu- und Abführen von gasförmigen oder flüssigen Medien in bzw. aus den Schüttungen 4, 4', ... zu erhöhen. Die grundsätzliche Verfahrensweise ändert sich dabei jedoch nicht; die dem erfindungsgemäßen Apparat zugeführten Medien durchströmen die jeweils ineinander übergehenden Schüttungen 4, 4', ... im wesentlichen gegenläufig.

Fig. 4 zeigt den erfindungsgemäßen Apparat in einer Ausgestaltung als Reaktor mit gewickelten Rohren. Der Reaktor besteht aus dem eigentlichen Reaktormantel 1 sowie einem oberen Boden 2 und einem unteren Boden 3. Sowohl der obere als auch der untere Boden 2 bzw. 3 weisen jeweils we-

nigstens zwei Öffnungen auf, die der Zu- bzw. Abführung des umzusetzenden gasförmigen oder flüssigen Einsatzstromes sowie des oder der Kühl- oder Heizmedien dienen. In der Praxis können mehrere Öffnungen pro Boden 2 und 3 vorgesehen sein, so daß die Gas- bzw. Flüssigkeitsführung optimiert werden kann.

Über die als Stützen ausgebildeten Mittel zum Zu- und Abführen von gasförmigen oder flüssigen Medien 5a und 5b strömt der umzusetzende Strom in die Schüttungen 4 und 4'. Die Schüttungen 4 und 4' sind in einem Hemd angeordnet, wobei dieses einen oberen Hemdbereich 10a und einen unteren Hemdbereich 10b aufweist. Über die im unteren Boden 3 ebenfalls als Stützen ausgebildeten Mittel zum Zu- und Abführen 9a strömt ein unter Umständen in zwei Aggregatzuständen vorliegendes Kühlmedium in die ein- oder mehrlage gewickelten Rohre 8. Diese sind - wie dies bei Reaktoren mit gewickelten Rohren der Regelfall ist - um ein zentrales Kernrohr 12 angeordnet.

Der die Schüttungen 4 bzw. 4' durchströmende Gas- oder Flüssigkeitsstrom wird im Bereich der einander zugewandten Enden der Schüttungen (Bereich 7) über eine vorzugsweise als Sieb 11 ausgebildete Öffnung sowie über den am Reaktormantel 1 vorgesehenen Stutzen 6 aus dem Reaktor abgezogen. Zusätzlich kann das zentrale Kernrohr 12 als Abführleitung 13 ausgebildet sein.

Auch bei der in der Fig. 4 dargestellten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Apparates ist es möglich, die Richtung des Einsatzstromes umzukehren. In diesem Falle erfolgt die Zuführung des Einsatzstromes in die Schüttungen 4 und 4' über den Stutzen 6 sowie das Sieb 11. Der umgesetzte Einsatzstrom wird anschließend nach dem Durchlaufen der Schüttungen 4 und 4' über die Stützen 5a und 5b abgezogen.

Der erfindungsgemäße Apparat ermöglicht ca. eine Verdoppelung der Kapazität verglichen mit einem Apparat mit gleichem Durchmesser. Es ist offensichtlich, daß die Fertigung des erfindungsgemäßen Apparats billiger ist, als die Fertigung zweier herkömmlicher Apparate.

Patentansprüche

1. Apparat, insbesondere für die Verwendung als chemischer Reaktor und/oder Adsorber und/oder Regenerator, im wesentlichen zylindersymmetrisch um eine Vorzugsachse aufgebaut und wenigstens zwei Schüttungen aus Teilchen, die katalytisch und/oder adsorptiv und/oder wärmespeichernd wirken, sowie Mittel zum Zu- und Abführen von gasförmigen oder flüssigen Medien, die jeweils den voneinander abgewandten und den einander zugewandten Enden der Schüttungen zugeordnet sind, aufweisend, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schüttungen (4, 4', ...) unmittelbar ineinander übergehend ausgebildet sind.
2. Apparat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest in Teilbereichen der Schüttungen (4, 4', ...) Mittel zum Kühlen und/oder Erwärmen der Schüttungen (4, 4', ...) angeordnet sind.
3. Apparat nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Kühlen und/oder Erwärmen der Schüttungen (4, 4', ...) als im wesentlichen parallel zu der Vorzugsachse angeordnete Rohre und/oder Plattenpaare und/oder als um die Vorzugsachse gewickelt angeordnete Rohre ausgebildet sind.
4. Apparat nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohre und/oder Plattenpaare durch die Schüttungen (4, 4', ...) ohne Unterbrechung durchlaufend ausgebildet sind.
5. Apparat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle der Ausbil-

dung der Mittel zum Kühlen und/oder Erwärmen der Schüttungen (4, 4', ...) als um die Vorzugsachse gewickelt angeordnete Rohre die Steigung der Rohre längs der Schüttungen (4, 4', ...) bereichsweise oder stetig variiert.

6. Apparat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schüttungen (4, 4', ...) Bereiche mit Teilchen unterschiedlicher Körnung aufweisen.

7. Apparat nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Bereich (7) der einander zugewandten Enden der Schüttungen (4, 4', ...) Teilchen größerer Körnung angeordnet sind.

8. Apparat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schüttungen (4, 4', ...) vorzugsweise in dem Bereich (7) der einander zugewandten Enden der Schüttungen (4, 4', ...), inerte Teilchen aufweisen.

9. Apparat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Schüttungen (4, 4', ...) in einem Hemd angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß das Hemd (10a, 10b) in dem Bereich (7) der einander zugewandten Enden der Schüttungen (4, 4', ...) wenigstens eine Öffnung aufweist, die den Mitteln zum Zu- oder Abführen von gasförmigen oder flüssigen Medien zugeordnet ist.

10. Apparat nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine Öffnung als ein Sieb (11) gegen das Herausfallen von Teilchen der Schüttungen (4, 4', ...) ausgeführt ist.

11. Apparat nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Sieb (11) mit einem benachbarten Teil des Hemdes (10a, 10b) kraftschlüssig und mit dem anderen benachbarten Teil des Hemdes (10b, 10a) gleitend verbunden ist.

12. Apparat nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Sieb (11) kraftschlüssig mit den Mittel zum Kühlen und/oder Erwärmen der Schüttungen (4, 4', ...) verbunden und in Relation zu den benachbarten Teilen des Hemdes (10a, 10b) gleitend angeordnet ist.

13. Apparat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen, vorzugsweise durch Siebe voneinander getrennten Hemdbereiche gas- und flüssigkeitsdicht mit der Apparatewand (1) verbunden sind.

14. Apparat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem vorzugsweise koaxial zu der Vorzugsachse angeordneten Kernrohr, dadurch gekennzeichnet, daß das Kernrohr (12) als Zu- und/oder Abführleitung (13) ausgebildet ist.

15. Verfahren zum Betreiben eines Apparates nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Apparat zugeführten Medien die ineinander übergehenden Schüttungen (4, 4', ...) im wesentlichen gegenläufig durchströmen.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Apparat zugeführten Medien in dem Bereich (7) der einander zugewandten Enden der Schüttungen (4, 4', ...) im wesentlichen radial zu der Vorzugsachse und in dem restlichen Bereich der Schüttungen (4, 4', ...) im wesentlichen parallel zu der Vorzugsachse strömen.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder wenigstens zwei unterschiedliche Heiz- oder Kühlmedien durch die Mittel zum Kühlen und/oder Erwärmen der Schüttungen (4, 4', ...) geführt werden.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekenn-

zeichnet, daß das oder die Heiz- und/oder Kühlmedien wenigstens in Teilen der Mittel zum Kühlen und/oder Erwärmen der Schüttungen (4, 4', ...) unterschiedliche Strömungsrichtungen aufweisen.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß im Teillastbetrieb Mittel zum Zu- oder Abführen von gasförmigen oder flüssigen Medien, die den einander zugewandten Enden der Schüttungen (4, 4', ...) zugeordnet sind, verschlossen werden und die dem Apparat zugeführten Medien durch benachbarte, ineinander übergehende Schüttungen (4, 4', ...) in gleicher Strömungsrichtung geleitet werden.

20. Verwendung eines Apparats nach einem der Ansprüche 1 bis 14 als Reaktor für exotherme katalytische Reaktionen, wie beispielsweise für die Synthesen von Methanol, höheren Alkoholen, Ethylbenzol, Ethern, Styrol aus Vinyleyclohexan, Olefinoxiden, Ammoniak, Phthalsäureanhydrid und Maleinsäureanhydrid, die Claus-Reaktion, die Kohlenmonoxid-Konvertierung, die Methanisierung, Hydrierungen und partielle Oxidationen.

21. Verwendung eines Apparats nach einem der Ansprüche 1 bis 14 als Reaktor für endotherme katalytische Reaktionen, beispielsweise für die Methanolspaltung und Dehydrierungen wie Styrol aus Ethylbenzol.

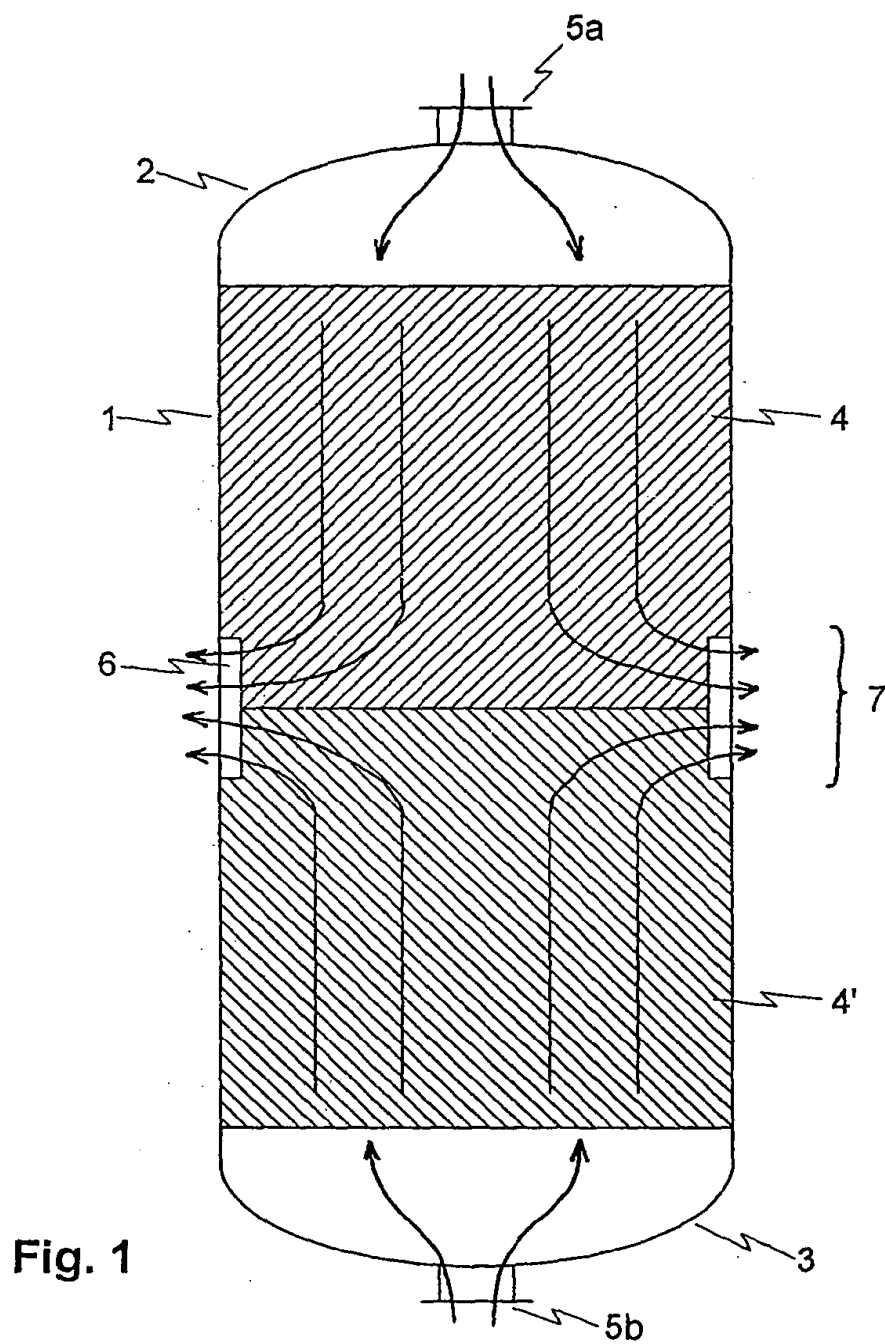
22. Verwendung eines Apparats nach einem der Ansprüche 1 bis 14 als Adsorber.

23. Verwendung eines Apparats nach einem der Ansprüche 1 bis 14 als Regenerator.

24. Verwendung eines Apparats nach einem der Ansprüche 1 bis 14 als Wärmetauscher.

25. Verwendung eines Apparats nach einem der Ansprüche 2 bis 14 als Wärmetauscher, wobei der Apparat keine Schüttungen (4, 4', ...) enthält.

Hierzu 3. Seite(n) Zeichnungen



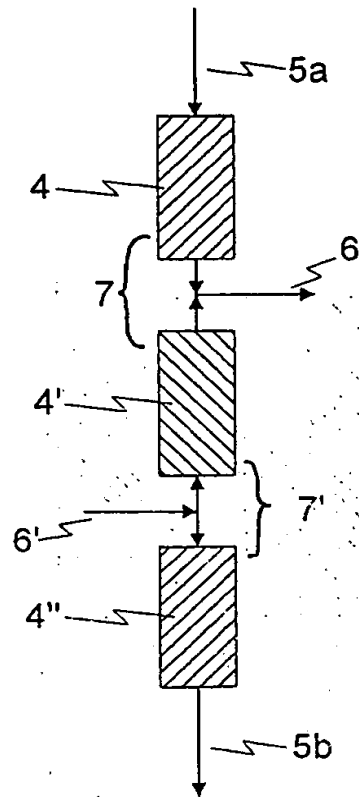


Fig. 2

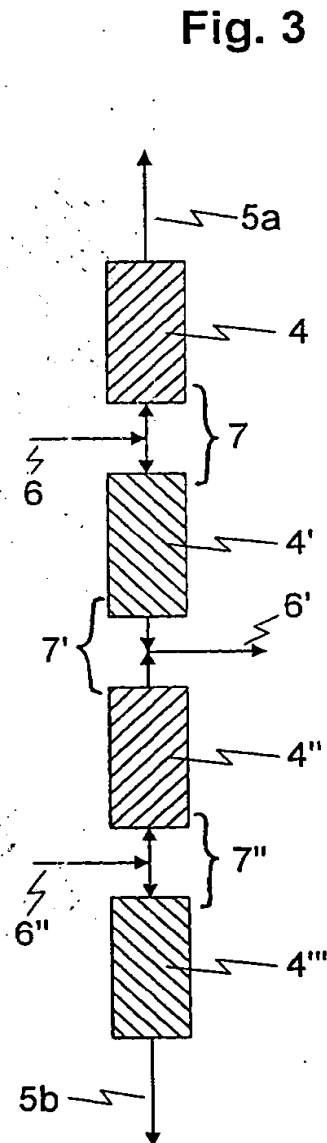


Fig. 3

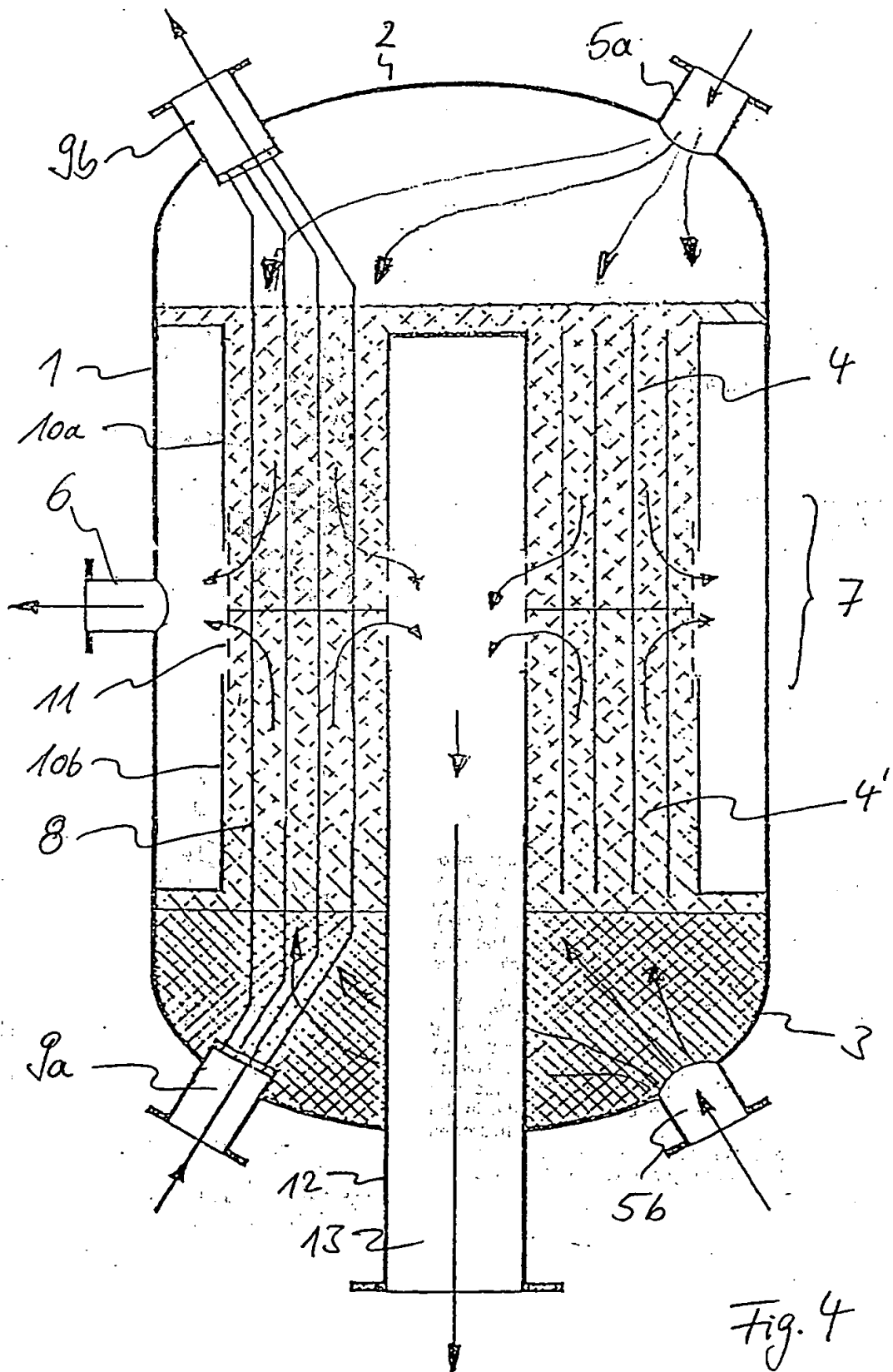


Fig. 4